

Windkraftanlage

- 5 Die Erfindung betrifft die Regelung einer Windkraftanlage, insbesondere einer doppeltgespeisten Asynchronmaschine

Bislang werden diese Windkraftgeneratoren wie z. B. in S. Müller, M. Deicke, Rik W. de Doncker: "Doubly fed induction
10 generator systems for wind turbines - a viable alternative to adjust speed over a wide range at minimal cost", IEEE industry application magazine, may/june 2002 dargestellt aufgebaut und geregelt. Der Umrichter wird heutzutage bevorzugt aus einer "Rücken an Rücken" Schaltung von zwei selbstgeführten
15 Gleichspannungszwischenkreis-Stromrichtern ausgeführt. Jedem Umrichter ist eine Regeleinheit zugeordnet. Die jeweilige Regeleinheit ermittelt die zu realisierenden Schaltzustände des zugeordneten Stromrichters und übermittelt diese Schaltzustände an die Ansteuerschaltungen des Stromrichters.
20 Die Ansteuerschaltungen sind in der Regel im Stromrichter integriert.

Der rotorwicklungs-seitige Stromrichter des Umrichters bestimmt mit seinen Schaltzuständen die in den Rotorwicklungen
25 fließenden Ströme. Der netzseitige Stromrichter muss die Gleichspannung auf einen konstanten Wert regeln. Der netzseitige Stromrichter kann auch die Gleichspannung für mehrere Windmühlen regeln. In diesem Fall wird ein Gleichspannungsnetz zwischen mehreren Windmühlen aufgespannt. In jedem Fall
30 ist der rotorwicklungs-seitige Stromrichter aber immer genau einer Windmühle zugeordnet.

Die beschriebene Erfindung bezieht sich insbesondere auf die Regelung des rotorwicklungs-seitigen Stromrichters. Dieser
35 Stromrichter dient als Stellglied zur Erzeugung eines Stromsystems in den Rotorwicklungen. Dieses Stromsystem bestimmt

die zwischen den Statorwicklungen der Maschine und dem Drehspannungsnetz ausgetauschte Wirk- und Blindleistung.

5 Im Gegensatz zu den bekannten Verfahren, umfasst die erfindungsgemäße Regelung vorzugsweise einen Netzspannungs-Analysator, einen Umschalter und zwei separate Regeleinheiten.

10 Je nach Zustand des Drehspannungsnetzes (gestört oder ungestört) ist die zugeordnete Regeleinheit an das Stellglied (= rotorwicklungs-seitiger Stromrichter) angeschlossen. Der Zustand des Drehspannungsnetzes kann im Netzspannungsanalysator z. B. durch Auswertung der Netzspannung am Verknüpfungspunkt von Windkraftanlage bzw. Windpark mit dem übergeordneten Drehspannungsnetz ermittelt werden: weicht die Netzspannung (bzw. der Betrag des Netzspannungs-Raumzeigers) zu stark von einem Erwartungswert ab, so wird das Drehspannungsnetz als fehlerbehaftet erkannt. Es erfolgt dann durch den Umschalter eine entsprechende Umschaltung zwischen den Regeleinheiten, d. h. der rotorwicklungs-seitige Stromrichter bekommt jetzt seine Schaltzustandssignale von der anderen Regeleinheit.

20 Umgekehrt erfolgt eine Umschaltung zurück zur Regeleinheit "für ungestörtes Drehspannungsnetz", wenn die am Verknüpfungspunkt gemessene Netzspannung wieder als "ungestört" interpretiert wird, d. h. die Abweichung der Netzspannung von ihrem Erwartungswert ist wieder in einem Toleranzbereich.

30 Die Regeleinheiten haben damit folgende unterschiedliche Aufgaben:

* Regeleinheit für ungestörtes überlagertes Drehspannungsnetz:
35 der Windkraftgenerator wird mit konstantem Leistungsfaktor (exakt: Grundschiebungsfaktor $\cos \phi_1$) betrieben. Die Detail-Ausführung einer solchen Regelung ist aus der Literatur bekannt.

Der gegebenenfalls vom Netzbetreiber am Verknüpfungspunkt verlangte Leistungsfaktor kann von dem fest eingestellten $\cos \phi$ abweichen. Für die Anpassung sorgt eine separate Kompensationsanlage.

5

* Regeleinheit für gestörtes überlagertes Drehspannungsnetz:

diese Regeleinheit versucht im Rahmen des Stellbereichs der Windkraftanlage (WKA) die Netzspannung am Verknüpfungspunkt
10 hinsichtlich der Amplitude auf ihren Nennwert (= Sollwert) zu regeln. Durch diese Betriebsweise erfolgen zum einen ein Beitrag der WKA zur Netzfehlerklärung im überlagerten Drehspannungsnetz sowie gleichzeitig eine Netzspannungsstützung. Beides ist aus Sicht des Netzbetreibers eine bevorzugte Betriebsart der WKA bei Netzfehlern.
15

Eine Ausführungsvariante der in der Regeleinheit implementierten Regelung ist die Folgende:

die am Verknüpfungspunkt zwischen Windkraftanlage und Netz
20 oder Windpark und Netz gemessene Netzspannung wird mit einem Sollwert verglichen. Die Differenz wird in einem Netzspannungsregler bewertet. Dieser Regler kann eine Statik zum Verhindern von Schwingungen zwischen Netzbetriebsmitteln beinhalten. Das Ausgangssignal des Netzspannungsreglers sind die
25 Sollwerte für die vom Stromrichter in die Rotorwicklungen einzuspeisenden Ströme.

Über eine unterlagerte Regeleinheit werden die Rotorwicklungs-Stromistwerte mit diesen Sollwerten verglichen. Die
30 Schaltzustände des rotorwicklungs-seitigen Stromrichters werden durch Auswertung dieser Regelabweichung ermittelt.

Bei den Berechnungen kann es vorteilhaft sein, Informationen zur Winkellage und Drehzahl des Rotors zu benutzen. Beides
35 kann von entsprechenden Zusatzeinrichtungen ermittelt werden (z. B.: Tachogenerator und Drehwinkelgeber).

Patentansprüche

1. Mit einem elektrischen Drehstromnetz verbundene Windkraft-
anlage mit einem einen Rotor aufweisenden Generator, dem
5 eine Regelungseinrichtung zugeordnet ist, dadurch gekenn-
zeichnet, dass die Regelungseinrichtung eine erste und ei-
ne zweite Regelungseinheit aufweist, wobei ein Netzspan-
nungsanalysator mit der Regelungseinrichtung und mit dem
elektrischen Drehstromnetz verbunden ist, durch die eine
10 Netzstörung ermittelbar ist, welche Netzstörung als eine
Abweichung des Netzspannungsraumzeigers von einem vorgege-
benem Sollintervall definiert ist und wobei durch die
zweite Regelungseinheit im Falle einer erkannten Netzstö-
rung die Regelung von der ersten Regelungseinheit über-
15 nehmbar ist, während die erste Regelungseinheit für die
Regelung bei einem ungestörten Drehstromnetz dient.
2. WKA nach Anspruch 1, bei der eine Kompensationseinrichtung
mit dem Drehstromnetz verbunden ist, durch die eine Blind-
20 leistungsregelung bei einem ungestörten Drehstromnetz auf
einen durch einen Grundschiebungsfaktor
festgelegten, gewünschten Blindleistungsanteil erfolgt.
3. WKA nach Anspruch 2, bei der die Blindleistungsregelung
25 ausschließlich durch die Kompensationseinrichtung erfolgt
und die erste Regelungseinheit für eine Regelung auf ei-
nen während eines Normalbetriebs unveränderlichen Grund-
schiebungsfaktor eingestellt ist.
- 30 4. WKA nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der der
Generator als doppelt gespeister Asynchrongenerator ausge-
führt ist.
- 35 5. WKA nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der ein
Umschalter vorgesehen ist, der mit dem Netzspannungsanaly-
sator, der ersten und der zweiten Regelungseinheit verbun-
den ist und durch den nach Vorgabe des Netzspannungsanaly-

sators entweder die erste oder die zweite Regelungseinheit aktiv schaltbar ist.

- 5 6. WKA nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der dem Netzspannungsanalysator Parameter über den Rotorstrom im Generator zuführbar ist.
- 10 7. WKA nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der dem Netzspannungsanalysator Parameter über die Winkellage und die Drehzahl des Rotors im Generator zuführbar ist.
- 15 8. WKA nach einem der Ansprüche 1-4, bei der die erste und zweite Regelungseinheit durch ein und dieselbe physikalische Einheit realisiert sind und durch den Betrieb dieser physikalischen Einheit mit unterschiedlichen Regelungsprogrammen jeweils entweder als erste oder zweite Regelungseinheit ausgebildet sind.

